

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-251157

(P2001-251157A)

(43)公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 3 H 9/145

9/25

識別記号

F I

H 0 3 H 9/145

9/25

テ-マ-ト* (参考)

C

C

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2001-79594(P2001-79594)
(62)分割の表示 特願2000-121676(P2000-121676)の
分割
(22)出願日 平成8年7月9日(1996.7.9)
(31)優先権主張番号 特願平7-265466
(32)優先日 平成7年10月13日(1995.10.13)
(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(72)発明者 上田 政則
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72)発明者 川内 治
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(74)代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

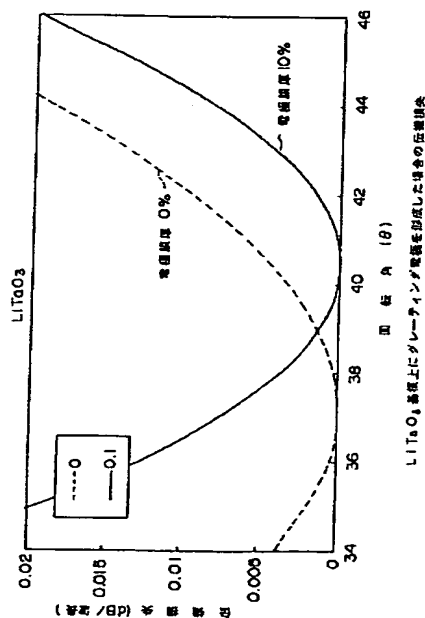
(54)【発明の名称】 弾性表面波装置

(57)【要約】

【課題】 AuあるいはCu電極の付加質量効果が顕著になる高周波領域において、広い帯域幅を有し、角形比の優れた弾性表面波装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 LiTaO_3 あるいは LiNbO_3 の θ 回転Y-X基板のカット角を、基板表面に形成されたAuあるいはCu電極の付加質量に対して、従来よりも高角度側に最適化する。

本発明の原理を説明する別の図



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたAuを主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、

前記電極パターンは前記圧電基板表面にLSAWを励起し、前記電極パターンは励起された前記LSAWの波長の0.004~0.021の範囲の厚さを有し、

前記圧電基板は、LiTaO₃単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に39°より大きく46°以下の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置。

【請求項2】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたCuを主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、

前記電極パターンは前記圧電基板表面にLSAWを励起し、前記電極パターンは励起された前記LSAWの波長の0.009~0.045の範囲の厚さを有し、

前記圧電基板は、LiTaO₃単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に39°より大きく46°以下の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般に弾性表面波装置に関し、特にGHz帯域を含む高周波帯域において優れた通過帯域特性を有する弾性表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】弾性表面波装置は、携帯電話等の小型・軽量かつ非常に高い周波数帯域で動作する無線通信装置の高周波回路において、フィルタあるいは共振器として広く使われている。かかる弾性表面波装置は一般に圧電単結晶あるいは多結晶基板上に形成されるが、電気機械結合係数 k_2 が大きく、従って表面波の励振効率が高く、また高周波帯域において表面波の伝搬損失が小さい基板材料として、特にLiNbO₃単結晶の64°回転Yカット板において表面波の伝搬方向をX方向とした64°Y-X LiNbO₃基板(K. Yamanouti and K. Shibayama, J. Appl. Phys. vol. 43, no. 3, March 1972, pp. 856)あるいはLiTaO₃単結晶の36°回転Yカット板において表面波の伝搬方向をX方向として36°Y-X LiTaO₃基板が広く使われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これらのカット角は、圧電結晶基板上に形成された電極の付加質量効果が無視できる場合に最適となるものであり、数百MHz以下の低周波帯域では励起される弾性表面波の波長が長いので有効であっても、最近の携帯電話等で必要とされているGHz帯域近傍での動作においては、電極の厚さが励起される弾性波波長に対して無視できなくなり、必ずしも最適とはならない。このような高周波帯域

2

での動作では、電極の付加質量の効果が顕著に現れる。

このような非常に短波長域の動作においては、圧電基板上の電極の厚さを増加させ、見かけ上の電気機械結合係数を増大させることにより、弾性表面波フィルタの通過帯域幅あるいは弾性表面波共振器の容量比 γ を小さくすることが可能であるが、このような構成では電極から基板内部に向かって放射されるバルク波が増大し、表面波の伝搬損失が増大してしまう問題が生じる。かかるバルク波をSSBW (surface skimming bulk wave) と称し、またかかるSSBWを伴う表面波をLSAW (Leaky surface acoustic wave) と称する。厚い電極膜を使った弾性表面波フィルタにおけるLSAWの伝搬損失については、36°Y-X LiTaO₃ および64°Y-X LiNbO₃ 基板について、Plessky他、あるいはEdmonson 他により解析がなされている (V. S. Plessky and C. S. Hartmann, Proc. 1993 IEEE Ultrasonics Symp., pp. 1239 - 1242; P. J. Edmonson and C. K. Campbell, Proc. 1994 IEEE Ultrasonic Symp., pp. 75 - 79)。

【0004】ところで、このような従来の36°Y-X LiTaO₃ あるいは64°Y-X LiNbO₃ 等の、LSAWを使う従来の弾性表面波フィルタでは、電極膜厚が薄い場合、表面波の音速値とバルク波の音速値とが接近し、その結果フィルタの通過帯域内にバルク波によるスプリアスピークが出現してしまう (M. Ueda et al., Proc. 1994 IEEE Ultrasonic Symp., pp. 143 - 146)。

【0005】図20は、上記 Ueda 他の文献による表面波フィルタにおいて、フィルタ通過帯域近傍に出現したバルク波によるスプリアスピークA、Bを示す。フィルタは36°Y-X LiTaO₃ 基板上に構成され、励振波長の3%に相当する0.49 μ mの厚さのAl-Cu合金よりなる櫛形電極を形成されている。

【0006】図20を参照するに、スプリアスピークBは330MHz近傍に形成された通過帯域外に生じているが、スプリアスピークAは通過帯域内に生じており、その結果通過帯域特性にリップルが生じているのがわかる。

【0007】弾性表面波フィルタでは、表面波の音速は電極の付加質量、すなわち膜厚に依存するのに対し、SSBWの音速は電極の膜厚に依存しないため、GHz帯域のような高周波帯域での動作では、電極の膜厚が励振表面波波長に対して増加し、表面波の音速がバルク波に対して相対的に低下する。その結果、フィルタの通過帯域がスプリアスピークに対してシフトし、通過帯域特性が平坦化する。しかし、このように電極の膜厚が表面波波長に対して増大すると先にも説明したようにバルク放射によるLSAWの損失が増大してしまう。

【0008】また、特にGHz帯のような非常に高周波帯域で動作する弾性表面波フィルタにおいては、櫛形電

3

極の抵抗を減少させるためにも電極にある程度の膜厚を確保する必要があるが、そうすると先に説明した損失の増大および角形比の劣化の問題が避けられない。

【0009】そこで、本発明は、このような従来の問題を解決した、新規で有用な弾性表面波装置を提供することを概括的目的とする。

【0010】本発明のより具体的な目的は、電極の膜厚に対して最適化されたカット角で切り出された圧電単結晶基板を有し、通過帯域を、バルク波に起因するスプリアスを回避して設定した弾性表面波装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記の課題を、請求項1に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたAuを主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、前記電極パターンは前記圧電基板表面にLSAWを励起し、前記電極パターンは励起された前記LSAWの波長の0.004～0.021の範囲の厚さを有し、前記圧電基板は、LiTaO₃単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に39°より大きく46°以下の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置により、または請求項2に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたCuを主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、前記電極パターンは前記圧電基板表面にLSAWを励起し、前記電極パターンは励起された前記LSAWの波長の0.009～0.045の範囲の厚さを有し、前記圧電基板は、LiTaO₃単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に39°より大きく46°以下の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置により、解決する。

【0012】以下、本発明の作用を、図1～3を参照しながら説明する。

【0013】図1は、圧電結晶基板の切り出し角を説明する図である。

【0014】図1は、例えばLiTaO₃のような、結晶軸X、Y、Zを有する圧電単結晶を、結晶軸Xの回りでY軸からZ軸方向に回転角 θ だけ傾けた角度で切り出した状態を示す。このような圧電結晶基板を θ 回転Y-X基板と称する。

【0015】図2はLiTaO₃単結晶の θ 回転Y-X基板上に形成された共振器の挿入損失を、様々な切り出し角ないし回転角 θ について示す。

【0016】先にも説明したように、従来よりLiTaO₃基板上に弾性表面波装置を形成する場合、36° Y-X基板が、またLiNbO₃基板上に弾性表面波装置を形成する場合、64° Y-X基板が一般的に使われているが、これは基板表面上に形成される電極の付加質量効果が無視できる比較的長波長の表面波に対する伝

4

搬損失が、これらの回転角で最小となることによる。例えば、中村他、信学技報、US77-42参照。

【0017】図2中、黒丸で示した曲線は、LiTaO₃の36° Y-X基板表面に、膜厚がゼロの仮想的な電極を均一に形成した場合のLSAWの伝搬損失を計算したもので、回転角 θ が36°の場合に伝搬損失が最小になることがわかる。ただし、この計算では、Kovacs他により報告された結晶の定数を使った(G. Kovacs, et al., Proc. 1990 IEEE Ultrasonic Symp. pp. 435 - 438)。

【0018】しかし、GHz帯域のような短波長領域では、先にも説明したように、電極の厚さが励起される表面波の波長に対して無視できなくなり、電極の付加質量の効果が顕著に現れる。本発明の発明者は、かかる付加質量の効果により、図2の伝搬損失特性が矢印の方向に変化し、図2に白丸で示したように、最小の伝搬損失を与える回転角 θ が高角度側にずれることを見出した。ただし、図2中、白丸で示した曲線は、圧電基板上に様にA1電極を形成した場合で、しかも電極の膜厚が励起表面波の波長の10%の場合を示す。

【0019】さらに、図3に、LiTaO₃基板上にA1よりなるグレーティング電極を形成した場合の伝搬損失と回転角 θ の関係を示す。ただし、図3中、破線は電極膜厚ゼロの場合を、また実線は電極膜厚が励起表面波波長の10%の場合を示す。明らかに、基板上に励起表面波の波長に対して有限な膜厚のグレーティングを形成した結果、伝搬損失が最小になる回転角が、高角度側にシフトしている。

【0020】すなわち、LiTaO₃単結晶基板の回転角 θ を従来の36°よりも高角度に設定することにより、GHz帯域において表面波の減衰が少なく、Qが高い弾性表面波装置を形成することができる。また、このような高い周波数における電極の付加質量効果に伴い、図18に示すフィルタの通過帯域の位置がスプリアスピークA、Bに対して低周波側にシフトするため、このような回転角の大きいLiTaO₃基板上に形成した弾性表面波装置では、スプリアスピークA、Bをフィルタの通過帯域から外すことが可能である。先にも説明したように、スプリアスピークA、Bはバルク波に起因するものであり、電極の付加質量の影響を受けない。

【0021】また、本発明では、通過帯域特性の角形比も回転角 θ により変化し、特にGHz帯域では、従来使われている回転角 θ よりも高い角度で切り出されたLiTaO₃基板が優れた通過帯域幅および角形比を与えることが見出された。図4、5は、それぞれかかるLiTaO₃基板上に形成した弾性表面波フィルタの周波数温度特性および最小挿入損失の温度特性を示す。ただし、弾性表面波フィルタは、後で説明する図7の構成のものを、様々な回転角 θ のLiTaO₃基板上に、電極膜厚が励振される弾性表面波の波長の10%に

5

なるように形成した。

【0022】図4よりわかるように、フィルタは、基板の回転角、すなわちカット角 θ が 36° Y、 40° Y、 42° Yおよび 44° Yのいずれの場合にも、略同一の温度特性を示す。中心周波数が様々に変化しているのは、基板中の音速の違いと、試料作製条件のばらつきに起因するものであると考えられる。

【0023】また、図5よりわかるように、LiTaO₃ 基板の回転角 θ を 40° Y $\sim 44^\circ$ Yの範囲に設定した場合、少なくとも通常の温度範囲、すなわち -35° C $\sim 85^\circ$ Cの範囲では、回転角 θ を従来の 36° Yに設定した場合よりも損失が減少する。特に、回転角 θ を 40° Y $\sim 42^\circ$ Yの範囲に設定した場合、最小挿入損失の変動幅も減少することがわかる。

【0024】また、図6はLiNbO₃ 単結晶の θ 回転Y-X基板上に形成された共振器の挿入損失を、様々な切り出し角ないし回転角 θ について示す。

【0025】図6中、破線で示した曲線は、LiNbO₃ の 64° Y-X基板表面に、膜厚がゼロの仮想的な電極を均一に形成した場合のLSAWの伝搬損失を計算したもので、回転角 θ が 64° の場合に伝搬損失が最小になることがわかる。ただし、この計算では、Warner他により報告された結晶の定数を使った(J. Acoust. Soc. Amer., 42, 1967, pp. 1223 - 1231)。

【0026】しかし、GHz 帯域のような短波長領域では、先にも説明したように、電極の厚さが励起される表面波の波長に対して無視できなくなり、電極の付加質量の効果が顕著に現れる。本発明の発明者は、かかる付加質量の効果により、図6の伝搬損失特性が矢印の方向に変化し、図2、3に実線で示したように、最小の伝搬損失を与える回転角 θ が高角度側にずれることを見出した。ただし、図2中、実線で示した曲線は、電極の膜厚が励起表面波の波長の3%の場合を示す。

【0027】すなわち、LiNbO₃ 単結晶基板の回転角 θ を従来の 64° よりも高角度に設定することにより、GHz 帯域において表面波の減衰が少なく、Qが高い弾性表面波装置を形成することができる。

【0028】LiTaO₃ 基板上に電極をAuで形成する場合には、電極の厚さは波長の0.4 \sim 2.1%の範囲が、さらにLiNbO₃ 基板上にAuで電極を形成する場合には、電極の厚さは波長の0.5 \sim 1.7%の範囲に設定するのが好ましい。また、LiTaO₃ 基板上にCuで電極を形成する場合には、波長の0.9 \sim 4.5%の範囲に設定するのが、さらにLiNbO₃ 基板上にCuで電極を形成する場合には、波長の1.2 \sim 3.6%の範囲に設定するのが好ましい。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、好ましい実施例について詳細に説明する。

【0030】図7(A)は、本発明の第1実施例による

6

ラダー型弾性表面波フィルタの構成を示す平面図、図7(B)はその等価回路図である。

【0031】図7(A)を参照するに、弾性表面波フィルタはLiTaO₃ またはLiNbO₃ 単結晶の回転Y板上に形成され、入力側電極が入力端子INに接続された第1の櫛形電極R1と、入力側電極が前記櫛形電極R1の出力側電極に接続され、さらに出力側電極が出力端子OUTに接続された第2の櫛形電極R1'と、入力側電極を櫛形電極R1の入力側電極に接続され、出力側電極を接地された第3の櫛形電極R2と、入力側電極を櫛形電極R1の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第4の櫛形電極R2'と、入力側電極を櫛形電極R1'の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第4の櫛形電極R2''とを含む。

【0032】各々の櫛形電極R1, R1', R2, R2', R2''において、入力側電極iは、通常の通り、X軸方向に伝搬する弾性表面波の経路と交差する第1の方向に互いに平行に延在する第1群の電極指を含み、また出力側電極oも、通常の通り、前記第1の方向とは反対の第2の方向に平行に延在する第2群の電極指を含み、第1群の電極指と第2群の電極指とは、交互に配設されている。さらに、各々の櫛形電極R1, R1', R2, R2', R2''には、X軸方向上の両側に、複数の平行な電極指を両端で短絡させた構成の反射器Reが形成されている。本実施例では、櫛形電極R1, R1', R2, R2', R2''はAl \sim 1%Cu合金より形成され、フィルタの通過帯域波長の10%に相当する約0.4 μ mの厚さに形成されている。

【0033】図7(B)は図6(A)のフィルタの等価回路図を示す。

【0034】図7(B)を参照するに、櫛形電極R1およびR1'は直列接続され、さらに櫛形電極R2, R2'およびR2''が並列接続されている。

【0035】図8は図7(A), (B)の弾性表面波フィルタについて実験的に得られた最小挿入損失を、LiTaO₃ 単結晶基板11の様々なカット角 θ について示す。最小挿入損失は、表面波の伝搬損失とフィルタの整合損失の双方の効果を含むが、基板のカット角 θ は整合損失には実質的に寄与しない。

【0036】図8を参照するに、最小挿入損失は基板のカット角が増大するにつれて減少し、 42° 近辺のカット角において最小となることがわかる。カット角が 42° を越えると最小挿入損失は再び増大する。従って、フィルタ挿入損失の観点からは、LiTaO₃ 基板11のカット角を 38° から 46° の範囲に設定することにより、フィルタの最小挿入損失を1.6dB以内に抑えることができる。

【0037】本発明では、またLiTaO₃ 単結晶基板のカット角は、弾性表面波フィルタの角形比にも影響

7

することが見出された。

【0038】図9(A)は角形比の定義を示す。

【0039】図9(A)を参照するに、角形比は、通過帯域の最小挿入損失に対して1.5dBの減衰を与える帯域幅BW2と、20dBの減衰を与える帯域幅BW1とを使い、 $BW1/BW2$ により与えられる。角形比が大きい程フィルタはブロードになり、選択比が劣化すると同時に通過帯域は幅が減少する。すなわち、角形比は出来る限り1に近づくように弾性表面波フィルタを設計するのが望ましい。

【0040】図9(B)は、図7(A)、(B)の弾性表面波フィルタについて実験的に得られた角形比を、圧電基板11のカット角 θ の関数として示す。

【0041】図9(B)よりわかるように、角形比はカット角 θ が増加するにつれて1に近づき、 $\theta=42^\circ$ のカット角で最小値1.47に達する。一方、カット角が 42° を越えて増大すると角形比も増大し、フィルタの選択性が劣化する。本発明による弾性表面波フィルタでは、最小挿入損失が1.6dB以下、また角形比が1.55以下であることが望ましく、従って図9(B)より、LiTaO₃基板のカット角 θ としては、 $39^\circ \sim 46^\circ$ の範囲、特に $40^\circ \sim 44^\circ$ の範囲が好ましいことがわかる。特に、カット角 θ を 42° に設定することにより、最小挿入損失を最小化でき、また角形比も最小化することができる。

【0042】図10は、図7(A)、(B)弾性表面波フィルタについて実験的に得られた通過帯域特性を示す。図10中、実線はLiTaO₃の 42° Y-X基板を基板11として使った場合を、また一点破線は同じLiTaO₃の 36° Y-X基板を基板11として使った場合を示す。

【0043】図10を参照するに、通過帯域特性は880MHzに中心周波数を有し、約40MHzの平坦な通過帯域で特徴づけられる。通過帯域外では減衰は急増するが、 42° Y-X基板を使ったフィルタの方が、従来の 36° Y-X基板を使ったものよりもより急峻な特性、従ってより優れた角形比を示すことがわかる。また、図10では、フィルタの通過帯域外にSSBWに起因するスプリアスピークA、Bが観測される。

【0044】図11は、LiTaO₃のY回転X板基板表面に、弾性表面波の波長に対する厚さが7%の電極を形成した場合の電気機械結合係数 k_2 を、様々なカット角 θ について計算した結果を示す。計算には、Kovacs 他(前出)により報告された結晶定数を使った。

【0045】図11を参照するに、電気機械結合係数 k_2 はカット角の増大と共に減少する傾向を示すことがわかる。電気機械結合係数 k_2 は周知のように、圧電結晶中に圧電効果により蓄積されたエネルギーの割合を示す量であり、この値が小さいと通過帯域幅が減少したり、通過帯域内にリップルが生じたりする問題が生じ

8

る。図11より、カット角 θ はやはり 46° 以下に設定するのが好ましいことがわかる。

【0046】図12は、図7(A)、(B)のフィルタにおいて、様々なカット角で形成されたLiTaO₃のY回転-X伝搬基板11上に形成された櫛形電極の厚さを変化させた場合の伝搬損失を計算した結果を示す。図12の計算においても、先の計算と同様に、Kovacs 他(前出)の結晶定数を使った。

【0047】図12よりわかるように、カット角が 38° 以下の場合、損失は電極厚の増大とともに指数関数的に単調に増加するが、カット角が 40° を越えると損失が電極の厚さと共に減少を始め、特性曲線に極小点が現れるのがわかる。極小点を過ぎると損失は再び増大に転じる。特に、基板11のカット角を、先に説明した好ましい角度である 40° から 46° の範囲に設定した場合、このような極小点は、波長に対する電極の厚さが3%以上のところに出現する。換言すると、本実施例のフィルタにおいて、電極を、波長で規格化した厚さが3%以上になるように形成するのが好ましい。一方、電極の厚さが過大になると、電極のエッチングによるパターンニングが困難になったり、基板中の音速が電極の膜厚により敏感に変化するようになるため、電極は、厚さが波長に対して15%以内になるように形成するのが好ましい。図12より、AlあるいはAl-1%Cu合金を使った電極の場合、電極の厚さが波長の15%を越えると、いずれのカット角においても伝搬損失が急増することがわかるが、これは電極からのバルク波の放射が優勢になることを示している。特にカット角が $39^\circ \sim 46^\circ$ の範囲では、電極の厚さは0.07~0.15の範囲が、またカット角が 40° から 44° の範囲では、電極の厚さは0.05~0.10の範囲であるのが好ましい。

【0048】図13は、図7(A)、(B)のフィルタにおいて、様々なカット角で形成されたLiNbO₃のY回転-X板を基板11として使い、基板11上に形成された櫛形電極の厚さを励起弾性表面波の波長に対して変化させた場合の伝搬損失を計算した結果を示す。ただし、図13の計算では、先のWarner 他(前出)の結晶定数を使っている。

【0049】図13よりわかるように、伝搬損失は、電極膜厚の増大とともにいったん極小値をとった後、指数関数的に増加するが、従来使われていた 64° 以下の回転角では、波長に対する電極膜厚が3.5%以下のところで伝搬損失が極小になることがわかる。しかし、この場合、電極膜厚がさらに増大し、励起弾性表面波の波長の4%を超えると、伝搬損失は急激に増大してしまう。一方、基板のカット角を 66° 以上に設定すると、伝搬損失は、電極膜厚が励起弾性表面波の4%以上、すなわち電極の付加質量効果が顕著になる条件下で極小になる。換言すると、波長で規格化した電極膜厚が4%以上になるような、電極膜厚が励起弾性表面波の波長に対し

9

て無視できない条件下では、 LiNbO_3 基板のカット角を 66° 以上に設定するのが望ましい。一方、電極の厚さが過大になると、電極のエッチングによるパターンニングが困難になったり、基板中の音速が電極の膜厚により敏感に変化するようになるため、電極は、厚さが波長に対して 12% 以内になるように形成するのが好ましい。これに伴い、 LiNbO_3 基板のカット角は 66° から 74° の範囲に設定するのが好ましい。

【0050】以上の各実施例において、電極組成は $\text{Al}-1\%\text{Cu}$ としたが、純粋な Al でも同様な関係が成立する。また、 LiTaO_3 基板上に電極を他の電極材料、例えば Au で形成する場合には、電極の厚さは波長の $0.4\sim 2.1\%$ の範囲が、さらに LiNbO_3 基板上に Au で電極を形成する場合には、電極の厚さは波長の $0.5\sim 1.7\%$ の範囲に設定するのが好ましい。また、 LiTaO_3 基板上に Cu で電極を形成する場合には、波長の $0.9\sim 4.5\%$ の範囲に設定するのが、さらに LiNbO_3 基板上に Cu で電極を形成する場合には、波長の $1.2\sim 3.6\%$ の範囲に設定するのが好ましい。

【0051】図14 (A) は、図7 (A) の弾性表面波フィルタの一変形例を、また図14 (B) はその等価回路図を示す。ただし、図14 (A), (B) 中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0052】図14 (A) を参照するに、弾性表面波フィルタは先の図7 (A) の実施例と同様に、 LiTaO_3 または LiNbO_3 単結晶の回転Y板上に形成され、入力側電極が入力端子 IN に接続された第1の楕形電極 R_1 と、入力側電極が前記楕形電極 R_1 の出力側電極に接続され、さらに出力側電極が出力端子 OUT に接続された第2の楕形電極 R_1' と、入力側電極を楕形電極 R_1 の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第3の楕形電極 R_2' と、入力側電極を楕形電極 R_1' の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第4の楕形電極 R_2 とを含む。

【0053】図14 (B) を参照するに、楕形電極 R_1 および R_1' は直列接続され、さらに楕形電極 R_2 および R_2' が並列接続されている。ただし、楕形電極 $\text{R}_1, \text{R}_1', \text{R}_2, \text{R}_2'$ はそれぞれ振動子を形成し、楕形電極 R_1' は R_1 の約 $1/2$ の容量を有する。一方、楕形電極 R_2' は楕形電極 R_2 の約2倍の容量を有する。

【0054】このような構成の弾性表面波フィルタでも、基板に LiTaO_3 を使った場合、回転角 θ を 38° 以上 46° 以下、より好ましくは 40° 以上 46° 以下、最も好ましくは約 42° に設定することにより、また基板に LiNbO_3 を使った場合、回転角 θ を 66° 以上 74° 以下、より好ましくは約 68° に設定することにより、基板上の電極の付加質量効果が顕著にな

10

るような周波数帯域で使った場合にも伝搬損失を最小化することが可能になる。

【0055】ところで、本実施例は上記のラダー型弾性表面波フィルタに限定されるものではなく、他のタイプの弾性表面波フィルタ、共振器あるいは伝搬遅延線にも適用可能である。例えば、図14 (A), (B) のフィルタを変形して図15に示す格子型フィルタを形成することができる。

【0056】図16は、本発明の第2実施例による弾性表面波フィルタ30の構成を示す。図16を参照するに、弾性表面波フィルタ30は先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 LiTaO_3 板、またはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 LiNbO_3 板よりなる基板上に形成され、 LiTaO_3 基板を使った場合、波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する楕形電極を形成されている。また、 LiNbO_3 基板を使う場合には、楕形電極の厚さは波長の $4\sim 12\%$ の範囲とされる。本実施例においても、表面波として LSAW が励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0057】弾性表面波フィルタは30は、一対の楕形電極 $\text{R}_{in}, \text{R}_{out}$ を隣接して配設した構成を有し、さらにその外側に一対の反射器 R_e を配設している。かかる構成においても、図7 (A), (B) の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失を最小化し、角形比が向上した広い通過帯域特性を有するフィルタが得られる。

【0058】図17は、本発明の第3実施例による弾性表面波共振器40の構成を示す。

【0059】図17を参照するに、弾性表面波共振器40は、先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 LiTaO_3 板、あるいはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 LiNbO_3 板よりなる基板11上に形成され、 LiTaO_3 基板を使った場合には、波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する楕形電極を形成されている。一方、 LiNbO_3 基板を使った場合には、波長の $4\sim 12\%$ の範囲の厚さを有する楕形電極を形成される。本実施例においても、表面波として LSAW が励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0060】弾性表面波フィルタ40は、楕形電極 R_{out} およびその両側に配設された楕形電極 R_{in} とを有し、さらにその外側に一対の反射器 R_e を配設している。その際、楕形電極 R_{in} は入力端子41に接続され、一方楕形電極 R_{out} は出力端子42に接続される。

【0061】かかる構成により、図7 (A), (B) の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失が最小で、高いQファクターを有する共振器が得られる。

【0062】図18は、本発明の第4実施例による1ポート弾性表面波共振器50の構成を示す。

11

【0063】図18を参照するに、弾性表面波共振器50は先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 LiTaO_3 板、あるいはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 LiNbO_3 板よりなる基板11上に形成され、 LiTaO_3 を基板に使った場合には、基板11上には波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成されている。一方、 LiNbO_3 基板を使った場合には、基板11上には、波長の $4\sim 12\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成される。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0064】弾性表面波共振器50は、前記基板上に形成された単一の櫛形電極Rと、その両側に配設された一対の反射器Reとより構成され、前記櫛形電極Rを構成する一の側の電極は第1の端子51に、また他の側の電極は第2の端子52に接続される。

【0065】かかる構成により、図7(A)、(B)の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失が最小で、高いQファクターを有する共振器が得られる。

【0066】図19は、本発明の第5実施例による2ポート弾性表面波共振器60の構成を示す。

【0067】図19を参照するに、弾性表面波共振器60は先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 LiTaO_3 板、あるいはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 LiNbO_3 板よりなる基板11上に形成され、 LiTaO_3 を基板に使った場合には、基板11上には波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成されている。一方、 LiNbO_3 基板を使った場合には、基板11上には、波長の $4\sim 12\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成される。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。弾性表面波共振器60は、それぞれ入力端子61および出力端子62に接続された一対の櫛形電極R1、R2を有し、さらにその外側に一対の反射器Reを配設している。共振器60は、櫛形電極R1の第1の電極指群に接続された第1の端子61と、櫛形電極R2の第1の電極指群に接続された第2の端子62との間に電圧を印加することにより駆動される。なお、櫛形電極R1の第2の電極指群および櫛形電極R2の第2の電極指群は接地される。

【0068】かかる構成により、図7(A)、(B)の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失が最小で、高いQファクターを有する共振器が得られる。

【0069】さらに本発明の弾性表面波装置は、先に説明した弾性表面波フィルタおよび弾性表面波共振器に限定されるものではなく、同様な構成を有する弾性表面波遅延線あるいは導波路にも有用である。

【0070】

12

【発明の効果】請求項1、2記載の本発明の特徴によれば、前記 LiNbO_3 基板あるいは LiNbO_3 基板のカット角を従来よりも高角度側に变化させ、さらに電極膜厚を励起されるLSAWの波長に対して最適化することにより、電極材料としてAuあるいはCuを使った場合にも、弾性表面波装置の損失を最小化し、帯域幅を向上させ、さらに角型比を向上させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は圧電単結晶基板の切り出し角を説明する図である。

【図2】本発明の原理を説明する図である。

【図3】本発明の原理を説明する別の図である。

【図4】様々なカット角の LiTaO_3 基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に中心周波数の温度依存性を示す図である。

【図5】様々なカット角の LiTaO_3 基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に最小挿入損失の温度依存性を示す図である。

【図6】 LiNbO_3 基板上に形成された弾性表面波フィルタの伝搬損失を、基板のカット角の関数として示す図である。

【図7】(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図である。

【図8】図7の弾性表面波フィルタの最小挿入損失とフィルタを構成する圧電基板のカット角との関係を説明する図である。

【図9】(A)はフィルタ通過帯域特性における角形比の定義を説明する図、(B)は角形比と基板カット角との関係を説明する図である。

【図10】図7(A)、(B)に示したフィルタの通過帯域特性を説明する図である。

【図11】図7(A)、(B)に示したフィルタにおける、 LiTaO_3 基板を使った場合の基板カット角と電気機械結合係数との間の関係を説明する図である。

【図12】図7(A)、(B)に示したフィルタにおいて、 LiTaO_3 基板を使った場合の伝搬損失に対する電極膜厚の効果を、様々な基板カット角について示す図である。

【図13】図7(A)、(B)に示したフィルタにおいて、 LiNbO_3 基板を使った場合の伝搬損失に対する電極膜厚の効果を、様々な基板カット角について示す図である。

【図14】(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例の一変形例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図である。

【図15】図14の一変形例による弾性表面波フィルタの等価回路図である。

【図16】本発明の第2実施例による弾性表面波フィル

タの構成を示す図である。

【図17】本発明の第3実施例による弾性表面波共振器の構成を示す図である。

【図18】本発明第4実施例による1ポート弾性表面波共振器の構成を示す図である。

【図19】本発明第5実施例による2ポート弾性表面波共振器の構成を示す図である。

【図20】従来の弾性表面波装置の通過帯域特性の例を

示す図である。

【符号の説明】

10, 30, 40, 50, 60 弾性表面波素子

11 圧電基板

31, 41, 51, 61 入力端子

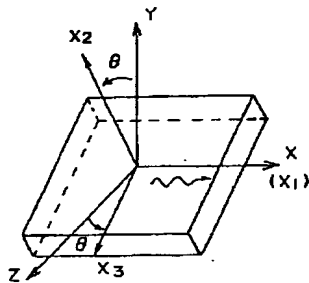
32, 42, 52, 62 出力端子

R1, R1', R2, R2' 櫛形電極

Re 反射器

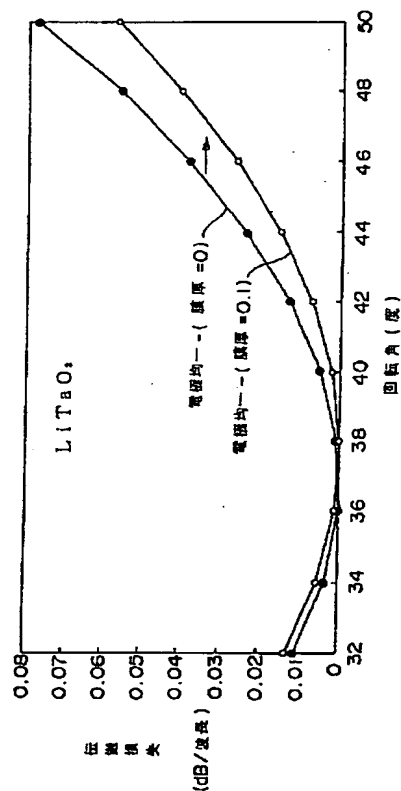
【図1】

圧電単結晶基板の切り出し角を説明する図



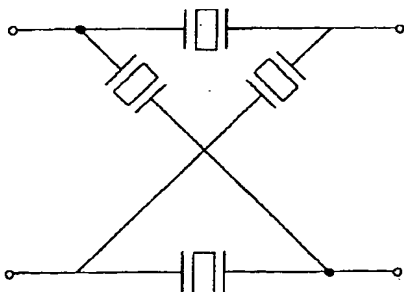
【図2】

本発明の原理を説明する図



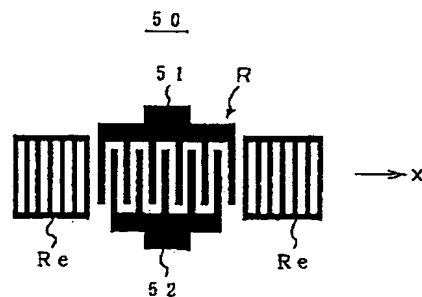
【図15】

図14の一変形例による弾性表面波フィルタの等価回路図



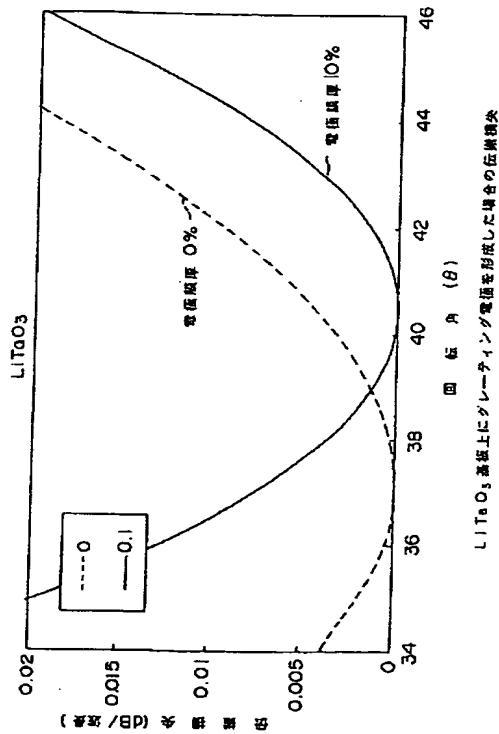
【図18】

本発明第4実施例による1ポート弾性表面波共振器の構成を示す図

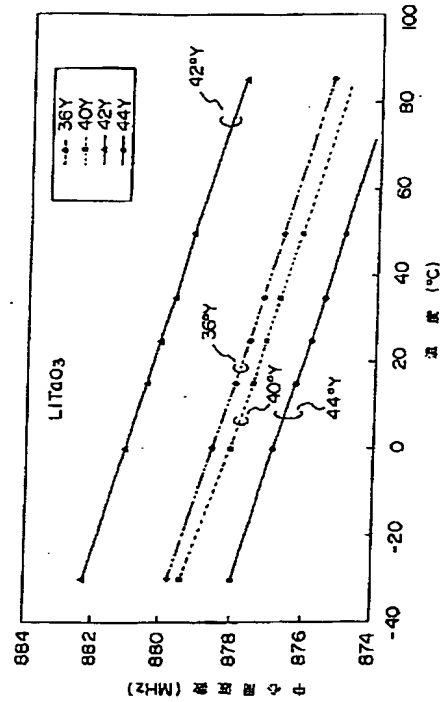


【図3】

本発明の原理を説明する別の図

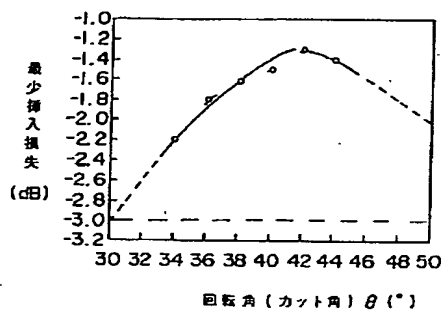


【図4】

様々なカット角のLiTaO₃基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に中心周波数の温度依存性を示す図

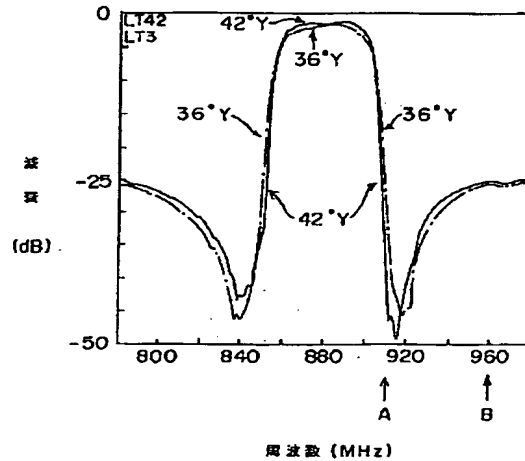
【図8】

図7の弾性表面波フィルタの最小挿入損失とフィルタを構成する圧電基板のカット角との関係を説明する図



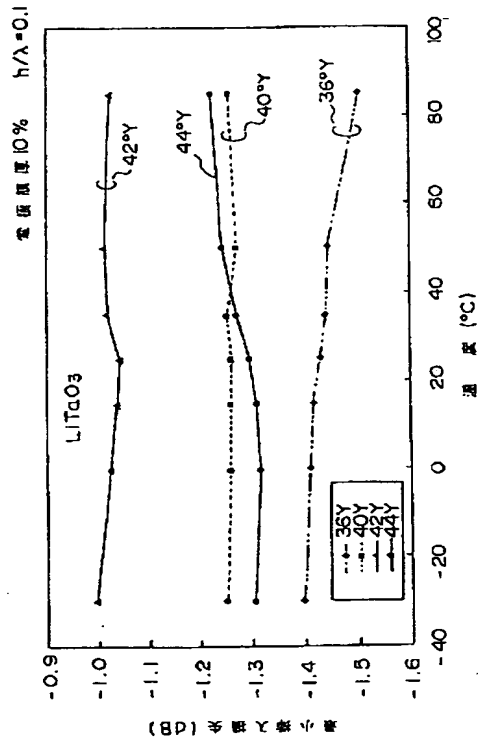
【図10】

図7 (A), (B) に示したフィルタの通過帯域特性を説明する図



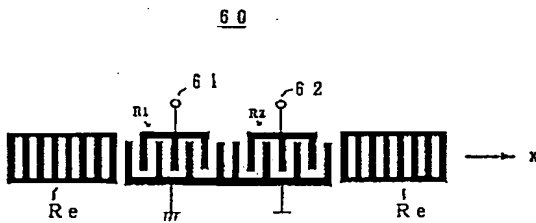
【図5】

様々なカット角の LiTaO_3 基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に最小挿入損失の温度依存性を示す図



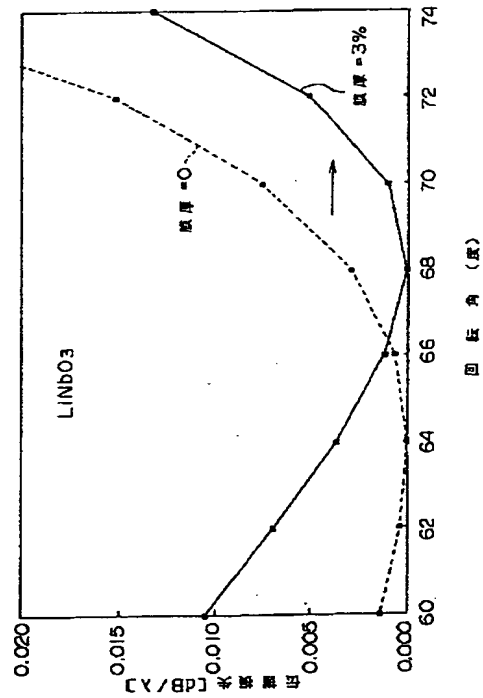
【図19】

本発明第5実施例による2ポート弾性表面波共振器の構成を示す図



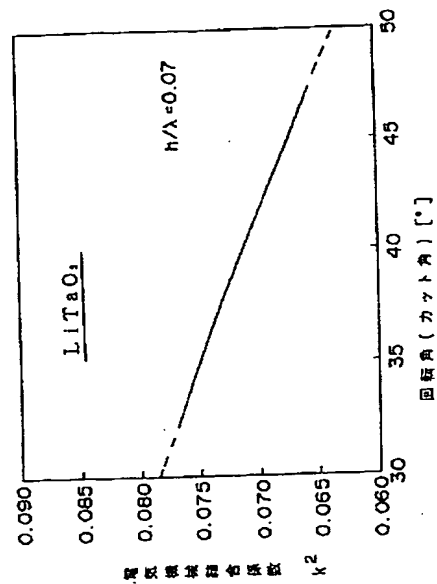
【図6】

LiNbO_3 基板上に形成された弾性表面波フィルタの伝搬損失を、基板のカット角の関数として示す図



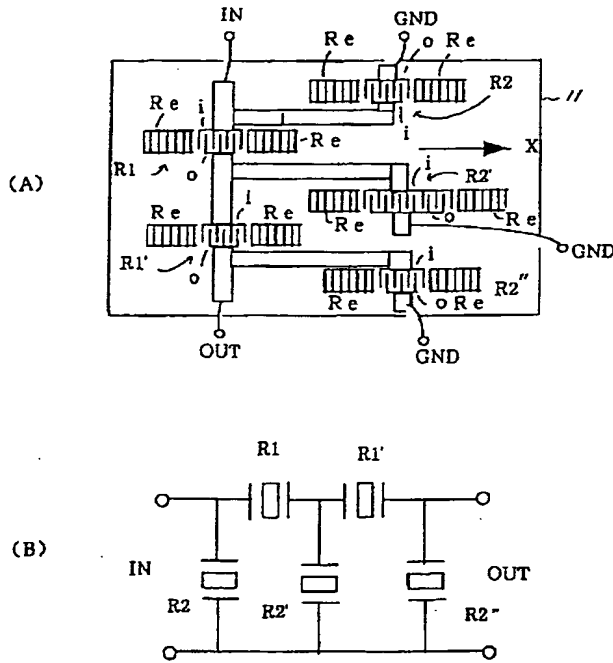
【図11】

図7 (A), (B) に示したフィルタにおける、 LiTaO_3 基板を使った場合の基板カット角と電気基板機械結合係数との間の関係を説明する図



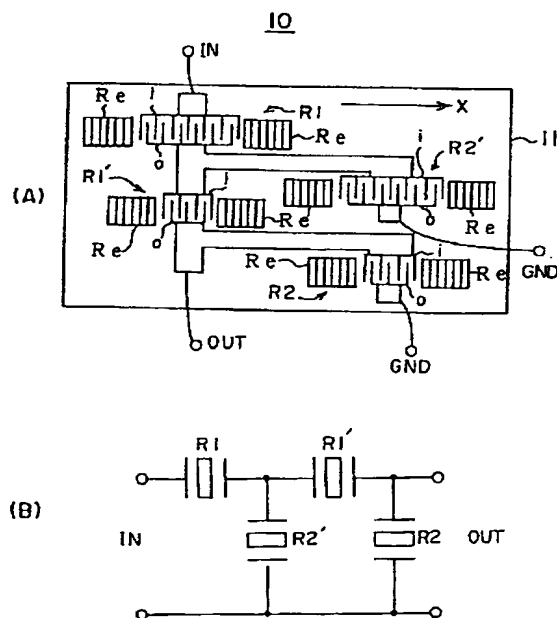
【図 7】

(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図



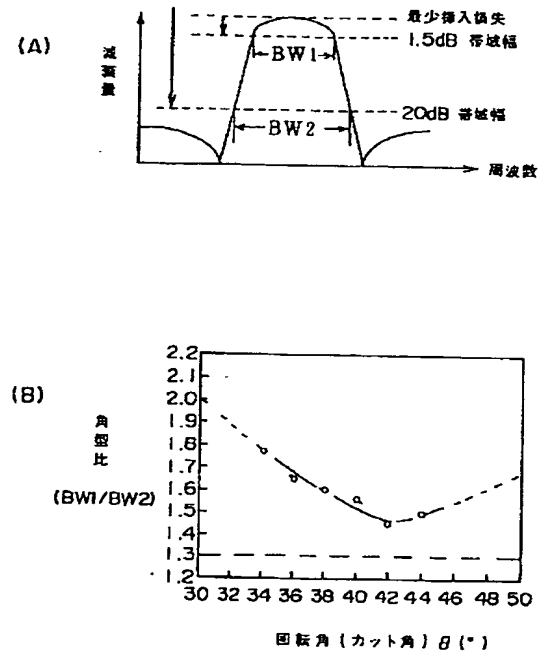
【図 14】

(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例の一変形例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図



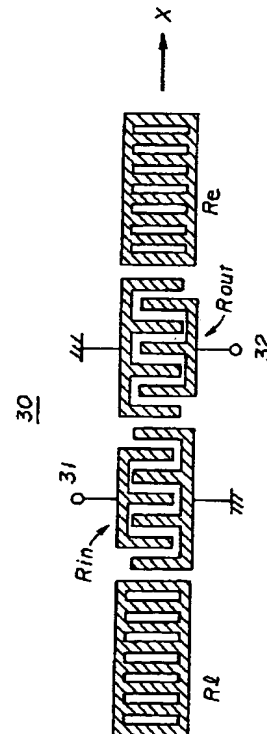
【図 9】

(A)はフィルタ通過帯域特性における角形比の定義を説明する図、(B)は角形比と基板カット角との関係を説明する図



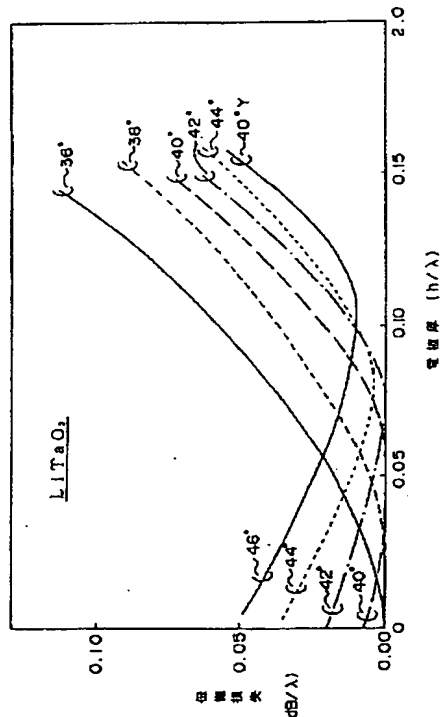
【図 16】

本発明の第2実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図



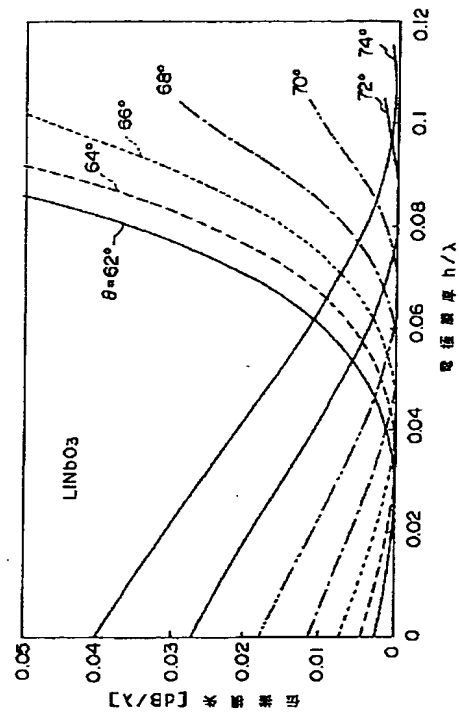
【図12】

図7 (A)、(B)に示したフィルタにおいて、 LiTaO_3 基板を使った場合の伝達損失に対する電極膜厚の効果、様々な基板カット角について示す図



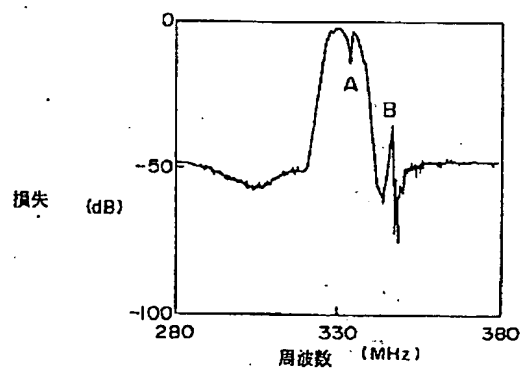
【図13】

図7 (A)、(B)に示したフィルタにおいて、 LiNbO_3 基板を使った場合伝達損失に対する電極膜厚の効果、様々な基板カット角について示す図



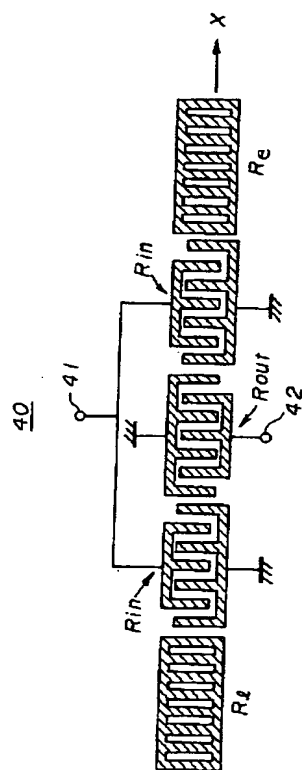
【図20】

従来の弾性表面波装置の通過帯域特性の例を示す図



【図 17】

本発明の第3実施例による弾性表面波共振器の構成を示す図



フロントページの続き

(72) 発明者 遠藤 剛

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 伊形 理

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 橋本 研也

千葉県船橋市二和西4-31-1

(72) 発明者 山口 正恒

千葉県佐倉市宮ノ台3-10-4

THIS PAGE BLANK (USPTO)